

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-313327

(43)Date of publication of application : 14.11.2000

(51)Int.Cl.

B60T 8/58
B60T 8/00
G01P 3/44

(21)Application number : 11-123087

(71)Applicant : TOYOTA CENTRAL RES & DEV LAB
INC

TOYOTA MOTOR CORP
AISIN SEIKI CO LTD
DENSO CORP

(22)Date of filing : 28.04.1999

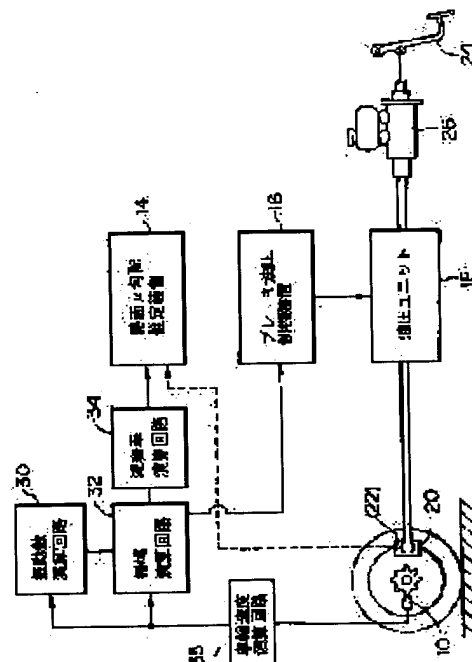
(72)Inventor : SUGAI MASARU
ONO HIDEKAZU
ASANO KATSUHIRO
MIYASHITA MASANORI
YAMAMOTO MASANORI
ITO SHOJI
YASUI YOSHIYUKI
ONozAWA SATOSHI
FUJIMOTO SHIYUUSAKU

(54) ROAD SURFACE CONDITION ESTIMATION DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a road surface condition estimation device hard to be influenced by a noise.

SOLUTION: A vehicle speed signal which is computed in a wheel speed calculating circuit 35 from a signal output from a wheel speed sensor 10 and which includes a vibration component at the time of impulse-excited wheel cylinder hydraulic pressure in an appointed cycle is input in a frequency computing circuit 30 and an amplitude computing circuit 32 for computing a frequency which is highly correlated with several wave form data, and an amplitude which corresponds to the frequency. An attenuation rate computing circuit 34 computes an attenuation rate, and a road surface ▢ estimation device 14 judges a road surface ▢ gradient to be small when the attenuation rate is large and large when that is small on the basis of the attenuation rate computed in the attenuation rate computing circuit 34.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

BEST AVAILABLE COPY

[Kind of final disposal of application other than
the examiner's decision of rejection or
application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision
of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

* NOTICES *

JPO and NCIP are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] Correlation with a detection means and the data point of two or more predetermined frequencies from which the time series data and the frequency of a signal differ whenever [wheel speed / in the condition that the oscillating component is contained in the signal whenever / wheel speed / with the 1st period] is searched for whenever [wheel speed / which detects whenever / wheel speed / and outputs a signal whenever / wheel speed]. In the resonance frequency calculated with a resonance frequency operation means to calculate the resonance frequency of a data-point empty vehicle ring speed signal with high correlation, and said resonance frequency operation means It asks for the correlation coefficient of the time series data of a signal, and the data point of the frequency called for by said resonance frequency operation whenever [wheel speed / in the condition that the oscillating component is contained in the signal whenever / wheel speed / the 2nd period shorter than said 1st period]. Road surface state estimation equipment including an amplitude operation means to calculate the amplitude of a signal whenever [said wheel speed] from the correlation coefficient for which it asked, and a road surface state estimation means to presume a road surface condition based on the degree of attenuation of the amplitude of a signal whenever [wheel speed / which was calculated with said amplitude operation means].

[Claim 2] Road surface state estimation equipment which includes further a wheel-cylinder oil pressure excitation means to excite wheel-cylinder oil pressure whenever [said wheel speed] when the amplitude of a signal is small.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to road surface state estimation equipment, and in case it presumes a road surface condition, for example, road surface mu inclination, especially, it relates to robust road surface state estimation equipment to the oscillation frequency change by tire modification etc. by using two or more detection frequencies.

[0002]

[Description of the Prior Art] Vibration of whenever [wheel speed] changes to road surface mu inclination, and vibration of whenever [wheel speed] is continued comparatively long in the condition, i.e., the condition that road surface mu inclination is large, that the wheel grips the road surface. On the other hand, in the small (near a grip limitation (i.e., road surface mu inclination) of a wheel) condition, vibration of whenever [wheel speed] is converged comparatively quickly.

[0003] Therefore, if the degree of attenuation of signal empty vehicle ring rate vibration is measured whenever [wheel speed], a road surface condition, for example, road surface mu inclination, is detectable.

[0004] The degree of attenuation of vibration can be calculated [whenever / wheel speed] from the amplitude value of a signal whenever [wheel speed]. However, if amplitude value is directly calculated from the instantaneous value of the data point of a signal whenever [wheel speed], since the sudden noise is contained in the data point, it is difficult to detect the degree of attenuation only with instantaneous value.

[0005] It was made in order that this invention might cancel the above-mentioned trouble, and it aims at offering ** and the road surface state estimation equipment which cannot be easily influenced of a noise using the technique of a correlation operation to detect the amplitude as a wave-like feature parameter.

[0006]

[Means for Solving the Problem] In order to attain the above-mentioned purpose, this invention whenever [wheel speed / which detects whenever / wheel speed / and outputs a signal whenever / wheel speed] A detection means, Correlation with the data point of two or more predetermined frequencies from which the time series data and the frequency of a signal differ whenever [wheel speed / in the condition that the oscillating component is contained in the signal whenever / wheel speed / with the 1st period] is searched for. In the resonance frequency calculated with a resonance frequency operation means to calculate the resonance frequency of a data-point empty vehicle ring speed signal with high correlation, and said resonance frequency operation means It asks for the correlation coefficient of the time series data of a signal, and the data point of the frequency called for by said resonance frequency operation whenever [wheel speed / in the condition that the oscillating component is contained in the signal whenever / wheel speed / the 2nd period shorter than said 1st period]. It constituted from a correlation coefficient for which it asked including an amplitude operation means to calculate the amplitude of a signal whenever [said wheel speed], and a road surface state estimation means to presume a road surface condition based on the degree of attenuation

of the amplitude of a signal whenever [wheel speed / which was calculated with said amplitude operation means].

[0007] The vibration frequency operation means of this invention searches for correlation with two or more data points from which the time series data and vibration frequency of a signal differ whenever [wheel speed / in the condition that the oscillating component is contained in the signal whenever / wheel speed / with the 1st period], and calculates the resonance frequency of a data-point empty vehicle ring speed signal with high correlation. As this data point, the data of a sine wave and a cosine wave can be used. An amplitude operation means is the 2nd period shorter than the 1st period, and calculates the amplitude of a signal in the vibration frequency calculated with the vibration frequency operation means whenever [wheel speed / in the condition that the oscillating component is contained in the signal whenever / wheel speed]. This amplitude can ask for the correlation coefficient of the time series data of a signal, and the data point of the frequency called for by said frequency operation means whenever [wheel speed], and can calculate it from the correlation coefficient for which it asked. As a data point of an amplitude operation means, the data of a different sine wave from the above-mentioned sine wave and a cosine wave and a cosine wave can be used.

[0008] A road surface state estimation means presumes a road surface condition based on the degree, for example, the attenuation factor, or attenuation rate of attenuation of the amplitude calculated with the amplitude operation means. When the degree of attenuation is quick, it is easy to slide on a road surface condition, and since a wheel continues wheel vibration comparatively long in the condition of gripping the road surface and vibration is converged comparatively quickly near the grip limitation of a wheel as explained above, when the degree of attenuation is late, it can be judged that it is hard to slide on a road surface condition.

[0009] It is effective, if a wheel-cylinder oil pressure excitation means to excite wheel-cylinder oil pressure is established further and wheel vibration is excited whenever [wheel speed] in this invention, when the amplitude of a signal is small. Thereby, an oscillating component comes to be contained in a signal whenever [wheel speed]. In addition, in this invention, wheel vibration may be produced using the disturbance from a road surface, without using a wheel-cylinder oil pressure excitation means.

[0010]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, with reference to a drawing, the gestalt of operation of the road surface state estimation equipment of this invention is explained to a detail.

[0011] As shown in drawing 1, the gestalt of this operation was attached so that a rotation gearing's gear tooth fixed to the wheel might be countered, and is equipped with the sensor 10 whenever [wheel speed / which outputs the electrical signal with which vibration frequency changes in proportion to whenever / wheel speed]. Whenever [this wheel speed], although attached in each of four flowers of a car, the sensor 10 was represented and was illustrated one.

[0012] Whenever [wheel speed], an arithmetic circuit 35 is connected to the outgoing end of a sensor 10 whenever [wheel speed / which calculates whenever / wheel speed / from the period of vibration or the oscillating frequency of the vibrating electrical signal], and an electrical signal or a numerical signal proportional to whenever [wheel speed] etc. is outputted to it. The frequency arithmetic circuit 30 which calculates the frequency of a signal whenever [wheel speed] using the data point of two or more predetermined frequencies from which a frequency differs a long period, and the amplitude arithmetic circuit 32 which calculates the amplitude of a signal whenever [to the frequency calculated the short period in the frequency arithmetic circuit 30 / wheel speed] are connected to the outgoing end of an arithmetic circuit 35 whenever [wheel speed]. This frequency arithmetic circuit 30 is connected so that the data of the calculated frequency may be inputted into the amplitude arithmetic circuit 32.

[0013] The amplitude arithmetic circuit 32 is connected to the road surface mu inclination presumption equipment 14 which presumes road surface mu inclination from an attenuation factor through the attenuation factor arithmetic circuit 34 which calculates the attenuation factor of the amplitude.

[0014] Furthermore, the output of the amplitude arithmetic circuit 32 is inputted into the brake

hydraulic control 16 which outputs the control command to a hydraulic power package 18, when the amplitude in resonance frequency turns into amplitude below predetermined. Based on this control input, the hydraulic power package 18 equipped with the ABS control valve which switches the oil pressure of the master cylinder 26 according to the treading strength of a brake pedal 24 and the source of high pressure unrelated to treading strength which is not illustrated, and controls the oil pressure (wheel-cylinder oil pressure) of a wheel cylinder 20 is connected to the outgoing end of the brake hydraulic control 16. The ABS control valve consists of a boost bulb which boosts wheel-cylinder oil pressure, and a reducing valve which decompresses wheel-cylinder oil pressure.

[0015] If the pressure sensor 22 which consisted of semiconductor pressure sensors for detecting wheel-cylinder oil pressure to a wheel cylinder 20 etc. can be attached, the property of attenuation factor-average wheel-cylinder oil pressure can also be used for presumption of a road surface condition. In this case, the output of a pressure sensor 22 is connected to road surface mu inclination presumption equipment 14.

[0016] While being outputted from an arithmetic circuit 35 whenever [wheel speed] according to the gestalt of this operation, whenever [containing the oscillating component when carrying out impulse excitation of the wheel-cylinder oil pressure a predetermined period / wheel speed], a signal is inputted into the vibration frequency arithmetic circuit 30 and the amplitude arithmetic circuit 32, and the vibration frequency and the amplitude of a signal are the following whenever [wheel speed], and it is made and calculated. In addition, below, the sampling period of measurement is explained about 1 and the example which made the period of impulse excitation the 512 sample point (s), 0.512 [i.e.,], (ms).

[0017] First, an ABS control valve is controlled by the brake hydraulic control 16, and impulse excitation of the wheel-cylinder oil pressure is carried out a predetermined period with it. This impulse excitation is performed, only when it is the following and the amplitude of a signal is below a predetermined value whenever [wheel speed / which was made and calculated].

Drawing 2 shows change of whenever [wheel-cylinder oil pressure / when it carries out impulse excitation the excitation period 0.512 (s), having used the average wheel-cylinder oil pressure command as 4 (MPa) /, and wheel speed].

[0018] In addition, change of an oscillating component and an average oscillating component is shown in drawing 3 and drawing 4 whenever [wheel speed / when carrying out impulse excitation of the average wheel-cylinder oil pressure command as 2, 4, 6, 8, 10, and 12 (MPa)].

[0019] The operation of the resonance frequency of a signal is explained whenever [by the vibration frequency arithmetic circuit 30 / wheel speed]. Resonance frequency calculates correlation with the time series data of a signal whenever [two or more sine wave and cosine wave, and wheel speed], whenever [wheel speed], chooses the sine wave with highest time series data and correlation or cosine wave of a signal, and searches for it. [from which the frequency defined beforehand differs]

[0020] First, correlation with the time series data of the excitation period 0.512 (s), and the sine wave of the wave number of 6, 7, 8, 9, and 10 and a cosine wave is calculated respectively. Sine wave C_{jm} of the wave number m And cosine wave S_{jm} It is expressed as follows. In addition, it may replace with the wave number and a sine wave and a cosine wave may be expressed using vibration frequency.

[0021]

[Equation 1]

$$C_{jm} = (1/256) \cos(2\pi m (2j+1)/1024) \dots (1)$$

$$S_{jm} = (1/256) \sin(2\pi m (2j+1)/1024) \dots (2)$$

$j = 0$, and 1 and 2 -- if the time series data in a ... and 511i time are set to x_n ($n=i-511, i-510, \dots, i$) -- real part of the correlation coefficient in i time R_{im} And imaginary part I_{im} It is given by the degree type. [however,]

[0022]

[Equation 2]

$$R_i^2 = \sum_{n=1-511}^1 C_n^2 \cdot x_n \quad \dots (3)$$

$$I_i^2 = \sum_{n=1-511}^1 S_n^2 \cdot x_n \quad \dots (4)$$

However, $n'=n \text{ It is mod } 512$.

[0023] From the above, the sum of squares (square of the amplitude) of a correlation coefficient is called for by the following formula.

[0024]

$$P_i m = (R_i m)^2 + (I_i m)^2 \dots (5)$$

The above (3) and (4) types can deform as follows.

[0025]

[Equation 3]

$$\begin{aligned} R_i^2 &= \sum_{n=1-512}^{i-1} C_n^2 \cdot x_n - C_i^2 \cdot x_{i-512} + C_i^2 \cdot x_i \\ &= R_{i-1}^2 + C_i^2 \cdot (x_i - x_{i-512}) \quad \dots (6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_i^2 &= \sum_{n=1-512}^{i-1} S_n^2 \cdot x_n - S_i^2 \cdot x_{i-512} + S_i^2 \cdot x_i \\ &= I_{i-1}^2 + S_i^2 \cdot (x_i - x_{i-512}) \quad \dots (7) \end{aligned}$$

[0026] Since it can ask for the sum of squares of a correlation coefficient by the multiplication in the 2nd term, and addition with the 1st term and the 2nd term, it can decrease the count of an operation sharply, so that I may be understood from the above (6) and (7) types.

[0027] The greatest sum of squares $P_i m$ among the sums of squares ($m=6, 7, 8, 9, 10$) $P_i m$ of the correlation coefficient detected at the i time It chooses and is the greatest sum of squares $P_i m$. The following formulas are followed from the wave number and it is the resonance frequency f_m of a signal whenever [wheel speed]. It determines.

[0028]

$$f_m = m / 0.512 \dots (8)$$

For example, $P_i m$ at the time of $m=8$ If it is max, resonance frequency can be determined as $f_8 = 8 / 0.512 = 15.625$ (Hz).

[0029] As mentioned above, in order to calculate the correlation coefficient of the time series data of a 512 sample point to the one wave number, resonance frequency will calculate a long period.

[0030] In addition, resonance frequency can also be determined by the following formulas as a weighting average of $P_i m$ ($m=6, 7, 8, 9, 10$).

[0031]

[Equation 4]

$$f_d = \left(\sum_{n=6}^{10} P_i^2 \cdot f_n \right) / \left(\sum_{n=6}^{10} P_i^2 \right)$$

Next, in the resonance frequency of a signal, the amplitude of a signal is calculated [whenever / wheel speed / which was detected the long period as mentioned above] whenever [wheel speed] a short period in the amplitude arithmetic circuit 32. This amplitude is calculated from a correlation coefficient with the sine wave of vibration frequency and cosine wave which were called for from the above-mentioned vibration frequency arithmetic circuit.

[0032] As for the vibration frequency of 6, 7, 8, 9, and 10, one period corresponds [the wave number] to the sample point of 85, 73, 64, 57, and 51 respectively to the time series data of the excitation period 0.512 (s).

[0033] It is the sine wave c_{jm} of the wave number m like detection of the vibration frequency in the long period explained above. And cosine wave s_{jm} It expresses as follows.

[0034]

[Equation 5]

$$c_{jm} = (2/Nm) \cos(\pi(2j+1)/Nm) \dots (9)$$

$$s_{jm} = (2/Nm) \sin(\pi(2j+1)/Nm) \dots (10)$$

$j = 0$, and 1 and 2 -- it is ..., $Nm-1$, $Nm=85$, and 73, 64, 57 and 51. [however,]

[0035] Thus, the one wave number is received. Nm In order to calculate the correlation coefficient of a sample point, the amplitude will calculate a short period.

[0036] And real part of the correlation coefficient in i time R_{im} And imaginary part I_{im} It calculates from a degree type.

[0037]

[Equation 6]

$$r_{i-1}^m = \sum_{n=i-Nm+1}^i c_n \cdot x_n \dots (11)$$

$$i_{i-1}^m = \sum_{n=i-Nm+1}^i s_n \cdot x_n \dots (12)$$

however, $n'=n \bmod Nm$ it is .

[0038] From the above, the amplitude is called for by the following formula.

[0039]

$$a_{im} = \{(r_{im})^2 + (i_{im})^2\}^{1/2} \dots (13)$$

The above (11) and (12) types can deform as follows.

[0040]

[Equation 7]

$$\begin{aligned} r_{i-1}^m &= \sum_{n=i-Nm}^{i-1} c_n \cdot x_n - c_1 \cdot x_{i-Nm} + c_1 \cdot x_i \\ &= r_{i-1}^m + c_1 \cdot (x_i - x_{i-Nm}) \dots (14) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_{i-1}^m &= \sum_{n=i-Nm}^{i-1} s_n \cdot x_n - s_1 \cdot x_{i-Nm} + s_1 \cdot x_i \\ &= i_{i-1}^m + s_1 \cdot (x_i - x_{i-Nm}) \dots (15) \end{aligned}$$

however, $i'=(i-Nm) \bmod Nm = i \bmod Nm$ it is .

[0041] By transforming a formula as mentioned above, as the case where vibration frequency was calculated a long period was explained, the count of an operation can be decreased sharply.

[0042] a_{im} while it judges whether the amplitude is increasing in the attenuation factor arithmetic circuit 34 by comparing the amplitude in front of 1 period with this amplitude and the amplitude is increasing -- $>$ -- a_{i-Nm} it is -- since wheel-suspension vibration is continuing comparatively long, by the road surface input or the brake oil pressure control, to a case, it judges that vibration was added and the magnitude of attenuation ignores to it.

[0043] It is an attenuation factor in order to, presume the road surface mu inclination as a road surface condition on the other hand, since it is being completed comparatively quickly by wheel-suspension vibration while the amplitude is decreasing. k_{im} is calculated as follows.

[0044] the amplitude a_{im} , a_{i-1m} , and ... a_{i-Nmm} The damping property to include can be

approximated with the following exponential functions like the curve shown in drawing 6 (A).

[0045]

$$y = \exp \sin (\omega t + \phi) (-k_i m t)$$

The envelope Y of this exponential function expresses amplitude fluctuation, and is expressed with the following formula.

[0046] $Y = \exp(-k_i m t)$

If the logarithm of the above-mentioned formula is taken, it is an attenuation factor $k_i m$ by searching for the inclination over t of $\log Y$, as it is set to $\log Y = -k_i m t$ and shown in drawing 6 (B). It can ask.

[0047] With road surface μ presumption equipment 14, a road surface condition is judged based on the attenuation factor calculated in the attenuation factor arithmetic circuit 34. When an attenuation factor is big (i.e., when vibration declines promptly), it is easy to slide on a road surface, i.e., road surface μ inclination is small, or since road surface μ inclination is small, a road surface μ judges that threshold value is approached.

[0048] On the contrary, when an attenuation factor is small (i.e., when vibration continues for a long time), it is judged that it is hard to slide on a road surface, i.e., it is generous to the threshold value of a road surface μ since road surface μ inclination is road surface μ large or large.

[0049] Furthermore, it can judge any of a low μ way and a quantity μ way transit road surfaces are by being able to calculate average wheel-cylinder oil pressure from the wheel-cylinder oil pressure measured, being able to create the table showing the damping property of suspension vibration of drawing 5 which shows the relation between average wheel-cylinder oil pressure and the damping factor calculated as mentioned above, and comparing this table, wheel-cylinder oil pressure at present, and a damping factor, if a pressure sensor 20 can be attached.

[0050] Although the example which excites wheel-cylinder oil pressure by the ABS control valve was explained above, wheel-cylinder oil pressure is made to generate impulse-fluctuation, and wheel-suspension excitation may be made to cause using the actuator for TRC or VSC.

[0051] Moreover, the amplitude may be extracted by removing average braking deceleration from a signal whenever [wheel speed], extracting only an oscillating component, starting a wave for every period of excitation, equalizing a wave in a rate region (for example, ten (rad/s) units), and searching for correlation with the sine wave and cosine wave which were explained above.

[0052] The endurance of an actuator can be improved, while being able to fall the noise of an actuator according to the gestalt of this operation, without always exciting brake oil pressure since it is exciting only when the amplitude of vibration becomes small as explained above. Moreover, since the vibration frequency made into an object from a predetermined band is detected, road surface μ inclination can be presumed regardless of whether also when an oscillation characteristic changed with exchange of ignorance [the oscillation characteristic of a wheel-suspension system], or a tire etc., could respond, and TORAIBA operated the brake.

[0053] In addition, except a smooth way, since wheel-suspension excitation can be made to cause by disturbance, the wheel-cylinder oil pressure excitation means explained with the gestalt of the above-mentioned implementation may be omitted.

[0054] Moreover, although the gestalt of this operation explained wheel-suspension vibration (resonance frequency of about 20Hz) as an example, it is applicable not only to this but wheel-car-body vibration (resonance frequency of about 40Hz).

[0055]

[Effect of the Invention] Since two or more detection frequencies are used according to this invention in case a road surface condition, for example, μ inclination of a road surface, is presumed as explained above, the effectiveness that robust road surface state estimation equipment can be offered to the oscillation frequency change by tire modification etc. is acquired.

[Translation done.]

* NOTICES *

JPO and NCIPJ are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2.**** shows the word which can not be translated.

3.In the drawings, any words are not translated.

DESCRIPTION OF DRAWINGS

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] It is the block diagram of the gestalt of operation of this invention.

[Drawing 2] It is the diagram showing change of whenever [wheel-cylinder oil pressure / when it carries out impulse excitation, having used the average wheel-cylinder oil pressure command as 4 (MPa) /, and wheel speed].

[Drawing 3] It is the diagram showing change of an oscillating component and an average oscillating component whenever [wheel speed / when carrying out impulse excitation of the average wheel-cylinder oil pressure command as 2, 4, 6, and 8 (MPa)].

[Drawing 4] It is the diagram showing change of an oscillating component and an average oscillating component whenever [wheel speed / when carrying out impulse excitation of the average wheel-cylinder oil pressure command as 10 and 12 (MPa)].

[Drawing 5] It is the diagram showing the table showing the damping property of a damping factor and suspension vibration.

[Drawing 6] It is a diagram for explaining how to calculate the amplitude using an exponential function.

[Description of Notations]

10 It is Sensor whenever [Wheel Speed].

14 Road Surface Mu Inclination Presumption Equipment

18 Hydraulic Power Package

34 Attenuation Factor Arithmetic Circuit

[Translation done.]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号
特開2000-313327
(P2000-313327A)

(43) 公開日 平成12年11月14日 (2000. 11. 14)

(51) Int.Cl.⁷

識別記号

F I

テーマコード(参考)

B 6 0 T 8/58

B 6 0 T 8/58

Z 3 D 0 4 6

8/00

8/00

Z

G 0 1 P 3/44

G 0 1 P 3/44

A

審査請求 未請求 請求項の数 2 O L (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平11-123087

(22) 出願日

平成11年4月28日 (1999. 4. 28)

(71) 出願人 000003609

株式会社豊田中央研究所

愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1

(71) 出願人 000003207

トヨタ自動車株式会社

愛知県豊田市トヨタ町1番地

(71) 出願人 000000011

アイシン精機株式会社

愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地

(74) 代理人 100079049

弁理士 中島 淳 (外1名)

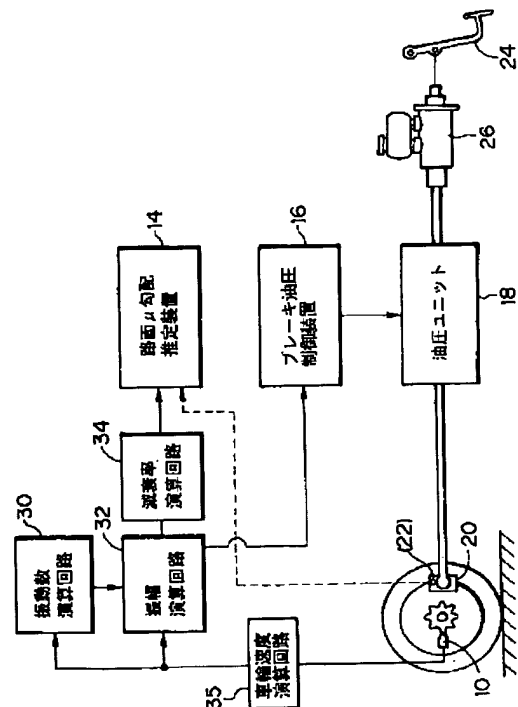
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 路面状態推定装置

(57) 【要約】

【課題】 ノイズの影響を受け難い路面状態推定装置を提供する

【解決手段】 車輪速度センサ10から出力された信号から車輪速度演算回路35で演算されると共に、ホイールシリンダ油圧を所定周期でインパルス励振させた時の振動成分を含む車輪速度信号は、振動数演算回路30及び振幅演算回路32に入力され、複数の波形データと相関が高い車輪速度信号の振動数、及びこの振動数に対応する振幅が演算される。減衰率演算回路34では、減衰率を演算し、路面 μ 推定装置14では、減衰率演算回路34で演算された減衰率に基づいて、減衰率の大きな場合は路面 μ 勾配が小さい、減衰率が小さい場合は路面 μ 勾配が大きいと判断する。



【特許請求の範囲】

【請求項1】車輪速度を検出して車輪速度信号を出力する車輪速度検出手段と、

第1の周期で車輪速度信号に振動成分が含まれている状態での車輪速度信号の時系列データと振動数が異なる複数の所定振動数の波形データとの相関を求め、相関が高い波形データから車輪速度信号の共振振動数を演算する共振振動数演算手段と、

前記共振振動数演算手段で演算された共振振動数において、前記第1の周期より短い第2の周期で車輪速度信号に振動成分が含まれている状態での車輪速度信号の時系列データと前記共振振動数演算により求められた振動数の波形データとの相関係数を求め、求めた相関係数から前記車輪速度信号の振幅を演算する振幅演算手段と、前記振幅演算手段で演算された車輪速度信号の振幅の減衰の度合いに基づいて路面状態を推定する路面状態推定手段と、

を含む路面状態推定装置。

【請求項2】前記車輪速度信号の振幅が小さいときにホイールシリンダ油圧を励振するホイールシリンダ油圧励振手段を更に含む路面状態推定装置。

【発明の詳細な説明】**【0001】**

【発明の属する技術分野】本発明は、路面状態推定装置に係り、特に、路面状態、例えば、路面 μ 勾配を推定する際に複数の検出振動数を用いることによって、タイヤ変更等による振動周波数変化に対してロバストな路面状態推定装置に関する。

【0002】

【従来の技術及び発明が解決しようとする課題】車輪速度の振動は、路面 μ 勾配に対して変化し、車輪が路面をグリップしている状態、すなわち路面 μ 勾配が大きい状態では、車輪速度の振動は比較的長く継続する。これに対し、車輪のグリップ限界付近、すなわち路面 μ 勾配が小さい状態では、車輪速度の振動は比較的速く収束する。

【0003】したがって、車輪速度信号から車輪速度振動の減衰の度合いを計測すれば、路面状態、例えば路面 μ 勾配を検出することができる。

【0004】車輪速度振動の減衰の度合いは、車輪速度信号の振幅値から求めることができる。しかしながら、振幅値を車輪速度信号の波形データの瞬時値より直接求めると、波形データには突発的なノイズが含まれているため、瞬時値のみでは減衰の度合いを検出するのは困難である。

【0005】本発明は上記問題点を解消するためになされたもので、相関演算の手法を用いて、振幅を波形の特徴パラメータとして検出することにより、ノイズの影響を受け難い路面状態推定装置を提供することを目的とする。

【0006】

【課題を解決するための手段】上記目的を達成するために、本発明は、車輪速度を検出して車輪速度信号を出力する車輪速度検出手段と、第1の周期で車輪速度信号に振動成分が含まれている状態での車輪速度信号の時系列データと振動数が異なる複数の所定振動数の波形データとの相関を求め、相関が高い波形データから車輪速度信号の共振振動数を演算する共振振動数演算手段と、前記共振振動数演算手段で演算された共振振動数において、前記第1の周期より短い第2の周期で車輪速度信号に振動成分が含まれている状態での車輪速度信号の時系列データと前記共振振動数演算により求められた振動数の波形データとの相関係数を求め、求めた相関係数から前記車輪速度信号の振幅を演算する振幅演算手段と、前記振幅演算手段で演算された車輪速度信号の振幅の減衰の度合いに基づいて路面状態を推定する路面状態推定手段と、を含んで構成したのである。

【0007】本発明の振動数演算手段は、第1の周期で車輪速度信号に振動成分が含まれている状態での車輪速度信号の時系列データと振動数が異なる複数の波形データとの相関を求め、相関が高い波形データから車輪速度信号の共振振動数を演算する。この波形データとしては、正弦波及び余弦波のデータを用いることができる。振幅演算手段は、第1の周期より短い第2の周期で、振動数演算手段で演算された振動数において、車輪速度信号に振動成分が含まれている状態での車輪速度信号の振幅を演算する。この振幅は、車輪速度信号の時系列データと前記振動数演算手段により求められた振動数の波形データとの相関係数を求め、求めた相関係数から演算することができる。振幅演算手段の波形データとしては、上記の正弦波及び余弦波と異なる正弦波及び余弦波のデータを用いることができる。

【0008】路面状態推定手段は、振幅演算手段で演算された振幅の減衰の度合い、例えば、減衰率または減衰割合に基づいて路面状態を推定する。上記で説明したように、車輪振動は、車輪が路面をグリップしている状態では比較的長く継続し、車輪のグリップ限界付近では振動は比較的速く収束するので、減衰の度合いが速い場合には、路面状態が滑りやすく、減衰の度合いが遅い場合には、路面状態が滑り難いと判断することができる。

【0009】本発明では、車輪速度信号の振幅が小さいときにホイールシリンダ油圧を励振するホイールシリンダ油圧励振手段を更に設け、車輪振動を励振させると効果的である。これにより、車輪速度信号に振動成分が含まれるようになる。なお、本発明においては、ホイールシリンダ油圧励振手段を用いることなく、路面からの外乱を利用して車輪振動を生じさせてもよい。

【0010】

【発明の実施の形態】以下、図面を参照して本発明の路面状態推定装置の実施の形態について詳細に説明する。

【0011】本実施の形態は、図1に示すように、車輪に固定された回転歯車の歯に対向するように取り付けられ、車輪速度に比例して振動数が変化する電気信号を出力する車輪速度センサ10を備えている。この車輪速度センサ10は、車両の4輪の各々に取り付けられているが、代表して1つのみ図示した。

【0012】車輪速度センサ10の出力端には、振動する電気信号の振動周期または振動頻度より車輪速度を演算する車輪速度演算回路35が接続され、車輪速度に比例した電気信号または数値信号等を出力する。車輪速度演算回路35の出力端には、長い周期で振動数が異なる複数の所定振動数の波形データを用いて車輪速度信号の振動数を演算する振動数演算回路30、及び短い周期で振動数演算回路30で演算された振動数に対する車輪速度信号の振幅を演算する振幅演算回路32が接続されている。この振動数演算回路30は、演算した振動数のデータを振幅演算回路32に入力するように接続されている。

【0013】振幅演算回路32は、振幅の減衰率を演算する減衰率演算回路34を介して、減衰率から路面 μ 勾配を推定する路面 μ 勾配推定装置14に接続されている。

【0014】さらに振幅演算回路32の出力は、共振振動数における振動振幅が所定以下の振幅になった時に油圧ユニット18への制御指令を出力するブレーキ油圧制御装置16に入力される。ブレーキ油圧制御装置16の出力端には、この操作量に基づいて、ブレーキペダル24の踏力に応じたマスタシリンダ26の油圧と踏力に無関係の図示しない高圧源とを切り換えてホイールシリンダ20の油圧（ホイールシリンダ油圧）を制御するABS制御弁を備えた油圧ユニット18が接続されている。ABS制御弁は、ホイールシリンダ油圧を増圧する増圧バルブ、及びホイールシリンダ油圧を減圧する減圧バルブから構成されている。

【0015】ホイールシリンダ20にホイールシリンダ油圧を検出するための半導体圧力センサ等で構成された圧力センサ22を取り付けることができれば、減衰率－平均ホイールシリンダ油圧の特性を、路面状態の推定に

$$C_j^m = (1/256) \cos(2\pi m(2j+1)/1024) \quad \dots (1)$$

$$S_j^m = (1/256) \sin(2\pi m(2j+1)/1024) \quad \dots (2)$$

ただし、 $j = 0, 1, 2, \dots, 511$

i 時点での時系列データを x_n ($n = i - 511, i - 510, \dots, i$) とすると、 i 時点での相関係数の

$$R_i^m = \sum_{n=i-511}^i C_n^m \cdot x_n \quad \dots (3)$$

$$I_i^m = \sum_{n=i-511}^i S_n^m \cdot x_n \quad \dots (4)$$

ただし、 $n' = n \bmod 512$ である。

利用することもできる。この場合、圧力センサ22の出力は、路面 μ 勾配推定装置14に接続される。

【0016】本実施の形態によれば、車輪速度演算回路35から出力されると共に、ホイールシリンダ油圧を所定周期でインパルス励振させた時の振動成分を含む車輪速度信号は、振動数演算回路30及び振幅演算回路32に入力され、車輪速度信号の振動数及び振幅が以下のようにして演算される。なお、以下では、計測のサンプリング周期を1 (ms)、インパルス励振の周期を512 サンプル点、すなわち0.512 (s) とした例について説明する。

【0017】まず、ブレーキ油圧制御装置16によってABS制御弁を制御し、ホイールシリンダ油圧を所定周期でインパルス励振する。このインパルス励振は、以下のようにして演算された車輪速度信号の振幅が所定値以下のときのみ行われる。図2は、平均ホイールシリンダ油圧指令を4 (MPa) として励振周期0.512

(s) でインパルス励振したときのホイールシリンダ油圧及び車輪速度の変化を示すものである。

【0018】なお、平均ホイールシリンダ油圧指令を2、4、6、8、10、12 (MPa) としてインパルス励振したときの車輪速度振動成分及び平均振動成分の変化を図3及び図4に示す。

【0019】振動数演算回路30による車輪速度信号の共振振動数の演算について説明する。共振振動数は、予め定められた振動数が異なる複数の正弦波及び余弦波と車輪速度信号の時系列データとの相関を演算し、車輪速度信号の時系列データと相関が最も高い正弦波または余弦波を選択して求める。

【0020】まず、励振周期0.512 (s) の時系列データと、6、7、8、9、10の波数の正弦波及び余弦波との相関を各々計算する。波数 m の正弦波 C_j^m 及び余弦波 S_j^m は、以下のように表わされる。なお、波数に代えて振動数を用いて正弦波及び余弦波を表してもよい。

【0021】

【数1】

実数部 R_j^m 及び虚数部 I_j^m は次式で与えられる。

【0022】

【数2】

【0023】上記より、相関係数の自乗和（振幅の自

乗) は、次の式で求められる。

$$P_{jm} = (R_{jm})^2 + (I_{jm})^2 \quad \dots (5)$$

上記 (3)、(4) 式は、次のように変形することができる。

$$\begin{aligned} R_{jm} &= \sum_{n=1-512}^{j-1} C_n \cdot x_n - C_j \cdot x_{j-512} + C_j \cdot x_j \\ &= R_{j-1} + C_j \cdot (x_j - x_{j-512}) \quad \dots (6) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} I_{jm} &= \sum_{n=1-512}^{j-1} S_n \cdot x_n - S_j \cdot x_{j-512} + S_j \cdot x_j \\ &= I_{j-1} + S_j \cdot (x_j - x_{j-512}) \quad \dots (7) \end{aligned}$$

【0026】上記 (6)、(7) 式から理解されるように、相関係数の自乗和は、第2項における乗算と、第1項と第2項との加算によって求めることができるので、演算回数を大幅に減少させることができる。

【0027】i 時点で検出された相関係数の自乗和 P_{jm}

$$f_m = m / 0.512$$

例えば、 $m=8$ のときの P_{jm} が最大であれば、 $f_8 = 8 / 0.512 = 15.625$ (Hz) として、共振振動数を決定することができる。

【0029】上記のように、1つの波数に対して512サンプル点の時系列データの相関係数を演算するため、長い周期で共振振動数が演算されることになる。

【0030】なお、共振振動数は、 P_{jm} ($m=6, 7, 8, 9, 10$) の重み付け平均として以下の式で決定することもできる。

【0031】

【数4】

$$f_d = \left(\sum_{n=6}^{10} P_n \cdot f_n \right) / \left(\sum_{n=6}^{10} P_n \right)$$

次に、上記のようにして長い周期で検出された車輪速度

$$\begin{aligned} c_{jm} &= (2/N_m) \cos(\pi(2j+1)/N_m) \quad \dots (9) \\ s_{jm} &= (2/N_m) \sin(\pi(2j+1)/N_m) \quad \dots (10) \end{aligned}$$

ただし、 $j=0, 1, 2, \dots, N_m-1$, $N_m=8, 5, 7, 3, 6, 4, 5, 7, 5, 1$ である。

【0035】このように、1つの波数に対して N_m サンプル点の相関係数を演算するため、短い周期で振幅が演算されることになる。

$$r_{jm} = \sum_{n=1-N_m+1}^j c_n \cdot x_n \quad \dots (11)$$

$$i_{jm} = \sum_{n=1-N_m+1}^j s_n \cdot x_n \quad \dots (12)$$

ただし、 $n' = n \bmod N_m$ である。

【0039】

【0038】上記より、振幅は、次の式で求められる。

$$a_{jm} = \{ (r_{jm})^2 + (i_{jm})^2 \}^{1/2} \quad \dots (13)$$

m ($m=6, 7, 8, 9, 10$) のうち最大の自乗和 P_{jm} を選択し、最大の自乗和 P_{jm} の波数から以下の式に従って車輪速度信号の共振振動数 f_m を決定する。

【0028】

... (8)

信号の共振振動数において、振幅演算回路32で短い周期で車輪速度信号の振幅を演算する。この振幅は、上記振動数演算回路より求められた振動数の正弦波及び余弦波との相関係数から演算する。

【0032】励振周期0.512 (s) の時系列データに対し、波数が6, 7, 8, 9, 10の振動数は、各々1周期が85, 73, 64, 57, 51のサンプル点に対応する。

【0033】上記で説明した長い周期での振動数の検出と同様に、波数 m の正弦波 c_{jm} 及び余弦波 s_{jm} を以下のように表す。

【0034】

【数5】

上記(11)、(12)式は、次のように変形することができる。

【0040】

【数7】

$$\begin{aligned} r_{i-1} &= \sum_{n=i-N_m}^{i-1} c_n \cdot x_n - c_i \cdot x_{i-N_m} + c_i \cdot x_i \\ &= r_{i-1} + c_i \cdot (x_i - x_{i-N_m}) \quad \dots (14) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} i_{i-1} &= \sum_{n=i-N_m}^{i-1} s_n \cdot x_n - s_i \cdot x_{i-N_m} + s_i \cdot x_i \\ &= i_{i-1} + s_i \cdot (x_i - x_{i-N_m}) \quad \dots (15) \end{aligned}$$

ただし、 $i' = (i - N_m) \bmod N_m = i \bmod N_m$ である。

【0041】上記のように式を変形することにより、長い周期で振動数を演算する場合について説明したように、演算回数を大幅に減少させることができる。

【0042】減衰率演算回路34では、1周期前の振幅と今回の振幅とを比較することにより、振幅が増加しているか否かを判断し、振幅が増加しているとき、すなわち $a_{j-m} > a_{j-N_m}$ の場合には、車輪—サスペンション振動が比較的長く継続していることから、路面入力やブレーキ油圧制御によって振動が加えられたと判断し、減衰率は無視する。

【0043】一方、振幅が減少しているときは、車輪—サスペンション振動が比較的速く収束しているため、路面状態としての路面 μ 勾配を推定するために、減衰率 k_{j-m} を以下の通り演算する。

【0044】振幅 a_{j-m} 、 a_{j-1-m} 、 \dots 、 a_{j-N_m-m} を含む減衰特性は、図6(A)に示す曲線のように、以下の指数関数で近似することができる。

【0045】

$$y = \exp(-k_{j-m} t) \sin(\omega t + \phi)$$

この指数関数の包絡線Yは、振幅変動を表し、次の式で表される。

$$Y = \exp(-k_{j-m} t)$$

上記式の対数をとると、 $\log Y = -k_{j-m} t$ となり、図6(B)に示すように、 $\log Y$ の t に対する勾配を求めることにより、減衰率 k_{j-m} を求めることができる。

【0047】路面 μ 推定装置14では、減衰率演算回路34で演算された減衰率に基づいて、路面状態を判定する。減衰率が大きな場合、すなわち振動が速やかに減衰する場合には、路面は滑り易い、すなわち路面 μ 勾配が小さい、または路面 μ 勾配が小さいことから路面 μ が限界値に接近していると判断する。

【0048】逆に、減衰率が小さい場合、すなわち振動が長く継続する場合には、路面は滑り難い、すなわち路面 μ 勾配が大きい、または路面 μ 勾配が大きいことから路面 μ の限界値に対して余裕があると判断する。

【0049】さらに、圧力センサ20を取り付けること

ができれば、計測されるホイールシリンダ油圧から平均ホイールシリンダ油圧を演算し、平均ホイールシリンダ油圧と上記のように演算された減衰率との関係を示す図5のサスペンション振動の減衰特性を示すテーブルを作成することができ、このテーブルと現時点のホイールシリンダ油圧及び減衰率とを比較することにより、走行路面が低 μ 路、高 μ 路のいずれであるのかを判定することができる。

【0050】上記では、ABS制御弁によってホイールシリンダ油圧を励振する例について説明したが、TRCまたはVSC用のアクチュエータを用いて、ホイールシリンダ油圧にインパルス的な変動を発生させ、車輪—サスペンション励振を起こさせてもよい。

【0051】また、車輪速度信号から平均減速度を除去して振動成分のみを抽出し、励振の周期毎に波形を切り出し、速度域(例えば、10(rad/s)刻み)で波形を平均化し、上記で説明した正弦波及び余弦波との相関を求めることにより、振幅を抽出してもよい。

【0052】以上説明したように、本実施の形態によれば、ブレーキ油圧を常時励振することなく、振動の振幅が小さくなったときのみ励振しているので、アクチュエータのノイズを低下することができると共に、アクチュエータの耐久性を向上することができる。また、所定帯域から対象とする振動数を検出しているため、車輪—サスペンション系の振動特性が不明、またはタイヤの交換等によって振動特性が変化した場合にも対応することができ、またドライバがブレーキを操作したか否かに関係なく路面 μ 勾配を推定することができる。

【0053】なお、平滑路以外では、外乱によって車輪—サスペンション励振を起こさせることができるので、上記実施の形態で説明したホイールシリンダ油圧励振手段を省略してもよい。

【0054】また、本実施の形態では車輪—サスペンション振動(共振周波数20Hz近傍)を例として説明したが、これに限らず車輪—車体振動(共振振動数40Hz近傍)にも適用可能である。

【0055】

【発明の効果】以上説明したように、本発明によれば、路面状態、例えば、路面の μ 勾配を推定する際に複数の

検出振動数を用いているため、タイヤ変更等による振動周波数変化に対してロバストな路面状態推定装置を提供することができる、という効果が得られる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施の形態のブロック図である。

【図2】平均ホイールシリンダ油圧指令を4 (MPa) としてインパルス励振したときのホイールシリンダ油圧及び車輪速度の変化を示す線図である。

【図3】平均ホイールシリンダ油圧指令を2、4、6、8 (MPa) としてインパルス励振したときの車輪速度振動成分及び平均振動成分の変化を示す線図である。

【図4】平均ホイールシリンダ油圧指令を10、12

(MPa) としてインパルス励振したときの車輪速度振動成分及び平均振動成分の変化を示す線図である。

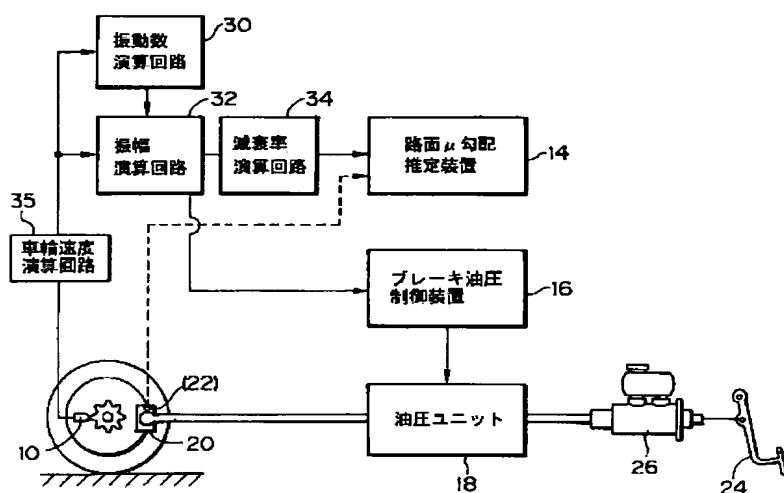
【図5】減衰率とサスペンション振動との減衰特性を示すテーブルを示す線図である。

【図6】指数関数を用いて振幅を演算する方法を説明するための線図である。

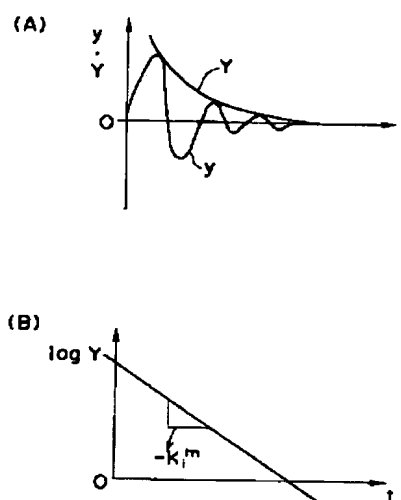
【符号の説明】

- 10 車輪速度センサ
- 14 路面 μ 勾配推定装置
- 18 油圧ユニット
- 34 減衰率演算回路

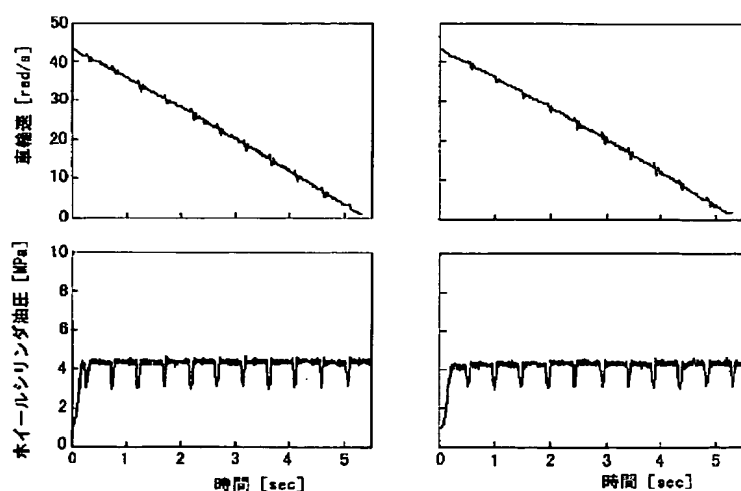
【図1】



【図6】

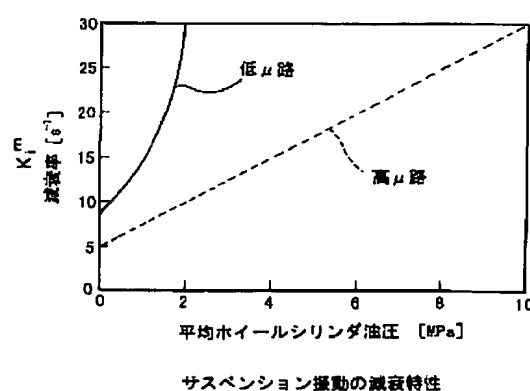


【図2】



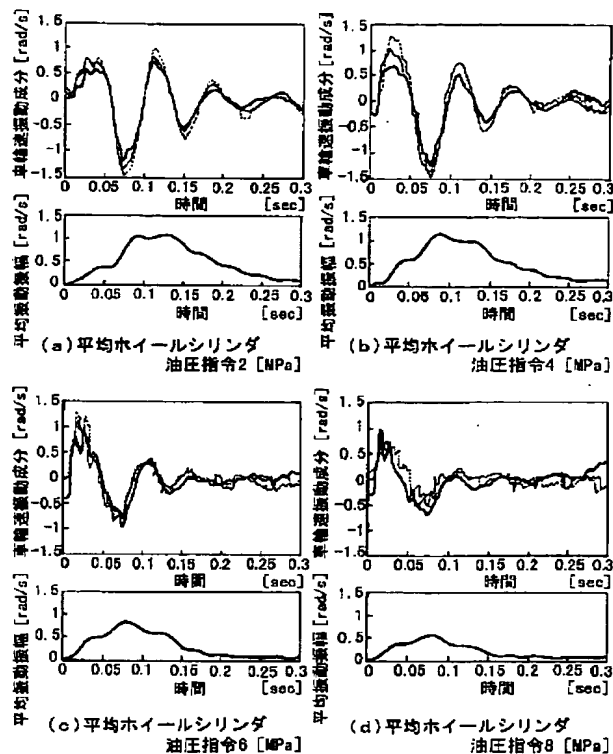
ステップ励振時の車輪速振動の概略
(高 μ 路、平均ホイールシリンダ油圧指令4 [MPa])

【図5】



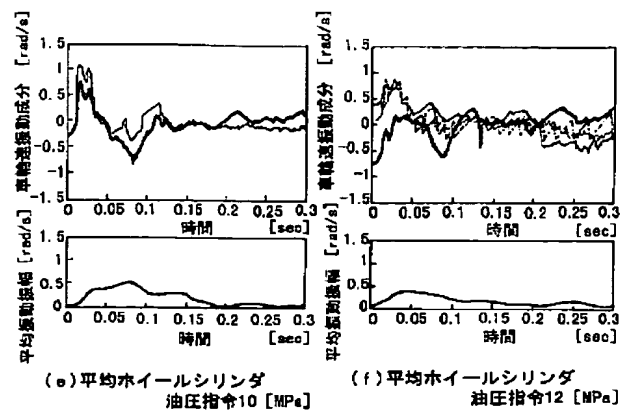
サスペンション振動の減衰特性

【図3】



ステップ動振時の車軸速振動成分(高μ路)

【図4】



ステップ動振時の車軸速振動成分(高μ路)

フロントページの続き

(71) 出願人 000004260
株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 菅井 賢
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 小野 英一
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 浅野 勝宏
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 宮下 政則
愛知県愛知郡長久手町大字長湫字横道41番地の1 株式会社豊田中央研究所内

(72) 発明者 山本 真規
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 伊藤 祥司
愛知県豊田市トヨタ町1番地 トヨタ自動車株式会社内

(72) 発明者 安井 由行
愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内

(72) 発明者 小野沢 智
愛知県刈谷市朝日町2丁目1番地 アイシン精機株式会社内

(72) 発明者 藤本 周策
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

Fターム(参考) 3D046 BB21 BB23 BB28 BB29 HH16
HH36 HH46 KK06

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☒ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.